

Изменение структуры и физических свойств соединений $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$ при замещении по подрешетке халькогена

Баглаева Юлия Андреевна

Селезнева Надежда Владимировна, Широкалова Елизавета Маратовна

Уральский федеральный университет

Селезнева Надежда Владимировна к.ф.-м.н.

jul.baglaeva@gmail.com

Слоистые дихалькогениды титана с общей формулой TiX_2 ($\text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) позволяют проводить интеркаляцию различными 3d - элементами без существенных изменений в структуре сэндвичей $\text{X}-\text{Ti}-\text{X}$. Внедряя железо в различных концентрациях в TiX_2 можно наблюдать изменения кинетических и магнитных свойств системы: при небольших концентрациях внедренных атомов они обладают свойствами, характерными для спиновых или кластерных стекол, а при увеличении концентрации интеркаланта в них может устанавливаться дальний магнитный порядок. Так, в соединении $\text{Fe}_{0.5}\text{TiSe}_2$ ниже температуры Нееля возникает наклонная антиферромагнитная (АФМ) структура с удвоенной магнитной ячейкой относительно кристаллографической [1]. В изоструктурном соединении $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_2$ наблюдается АФМ с учетверенным периодом магнитной ячейки [2].

Цель данной работы: изучение изменения структуры и физических свойств системы $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$ при замещении с малым шагом по подрешетке халькогена.

В настоящей работе методом твердофазных реакций синтезирована система $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$ ($\Delta y=0.1$). Исследование фазового состава и структурная аттестация образцов проводилась на дифрактометре Bruker D8 Advance в $\text{CuK}\alpha$ -излучении. Измерение температурной зависимости электрического сопротивления проводилось 2-х зондовым методом на постоянном токе в диапазоне температур 6-300 К на установке с использованием автономного криостата замкнутого цикла CryoFree204. Измерения магнитной восприимчивости и намагниченности в интервале температур от 2 К до 400 К проводились с помощью SQUID-магнитометра MPMS XL7 ЕС. Измерения намагниченности в области высоких температур (до 1000 К) проводились с помощью вибромагнитометра Lake Shore VSM 7407.

Рентгеноструктурная аттестация всех составов системы $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$ показала, что данные вещества являются однофазными и изоструктурными. Структура всех соединений является моноклинной и описывается одной и той же пространственной группой $I 12/m 1$ с параметрами $a = \sqrt{3}a_0$, $b = a_0$, $c = 2c_0$, где a_0 и c_0 – параметры исходной гексагональной ячейки матрицы TiX_2 . В такой структуре атомы железа образуют одномерные цепочки, расстояние между которыми $\sqrt{3}a_0$, а межатомное расстояние внутри каждой цепочки a_0 . На рисунке 1 представлены концентрационные зависимости параметров кристаллической решетки соединений $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$, которые, как и ожидалось, оказались линейными, что характерно для однородных твердых растворов. Монотонный рост параметров решетки и увеличение объема элементарной ячейки с ростом концентрации селена обусловлены большим радиусом иона Se^{2-} по сравнению с S^{2-} .

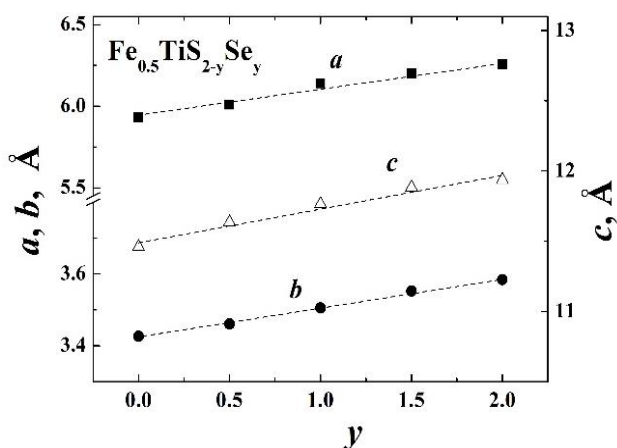


рис.1. Концентрационная зависимость параметров кристаллической решетки соединений $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$ при комнатной температуре.

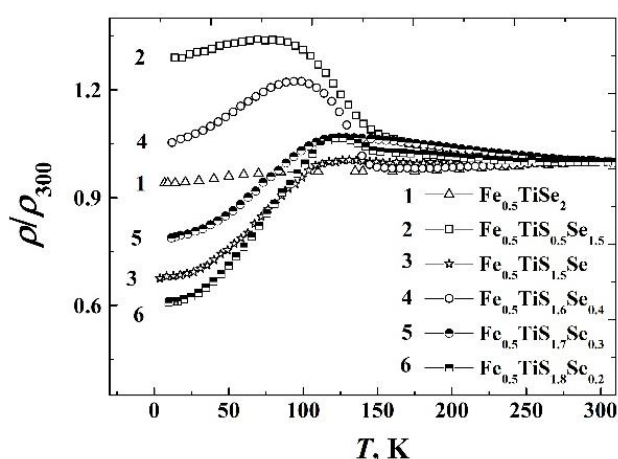


рис.2. Температурные зависимости электросопротивления системы $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$.

На температурных зависимостях электросопротивления соединений в области температур от 80 до 120 К имеются аномалии (рис.2). Наблюдаемые особенности имеют магнитную природу. По результатам измерения температурных зависимостей магнитной восприимчивости рассчитано значение эффективного магнитного момента, который варьируется от $3.4\mu_B$ до $4.3\mu_B$ в интервале температур от 200-300 К и от $4.0\mu_B$ до $5.5\mu_B$ при 800-1000 К. Величина магнитного момента имеет тенденцию к уменьшению при увеличении концентрации серы.

Работа выполнена при финансовой поддержке *Министерства образования и науки Российской Федерации*(проект № 3.2916.2017/ПЧ).

Список публикаций:

[1] Selezneva N. V et al. // *Physics of the Solid State*. 2011. V. 53. № 2. P. 329-336.

[2] Baranov N. V et al // *Journal of Physics: Condensed Matter*. 2013 V.25. P.66004.

Структурные, микроструктурные, теплофизические и диэлектрические характеристики высокотемпературных мультиферроиков на основе BiFeO_3

Болдырев Никита Анатольевич

*Глазунова Екатерина Викторовна, Гринь Павел Григорьевич, Андрияшин Константин Петрович,
Половинкин Борис Сергеевич, Хасбулатов Сидек Вахаевич, Вербенко Илья Александрович*

Южный федеральный университет

Резниченко Лариса Андреевна

nboldyrev@sfedu.ru

Интерес к объектам, обладающим одновременно магнитным и электрическим упорядочениями, в современной терминологии называемым мультиферроиками, в последнее время значительно вырос в связи со значительными перспективами их применения в устройствах записи и считывания информации, СВЧ-технике, микроэлектронике и др. Следует отметить, что в качестве основ указанных выше приборов рассматривают BiMnO_3 и др., но наибольший интерес представляют высокотемпературные мультиферроики, сочетающие сегнетоэлектрические и магнитные свойства в широком диапазоне температур. Одним из наиболее изученных представителей данного класса материалов является феррит висмута BiFeO_3 (BFO) со структурой типа перовскита. Исследованию керамических составов на его основе с помощью различных методов посвящено большое количество работ. Однако, остается много нерешенных вопросов, связанных с природой фазовых превращений и формированием макрооткликов в BFO. В связи с этим комплексное исследование, направленное на установление закономерностей фазообразования, реализации структурных, микроструктурных, теплофизических и диэлектрических характеристик чистого и модифицированного феррита висмута, как и твердых растворов (ТР) на его основе, является целесообразным. Этому и посвящена данная работа.

Объектами исследования являлись керамические образцы чистого и модифицированного редкоземельными элементами (РЗЭ) феррита висмута, а также ТР на его основе (как двойные, так и тройные). Объекты были получены методом твердофазных реакций обжига в две стадии, с промежуточным помолотом и последующим спеканием по обычной керамической технологии.

В ходе исследований было установлено, что с изоморфными замещениями ионов в феррите висмута связаны повышение его термической устойчивости и снижение электропроводности при модифицировании крупно- и среднеразмерными редкоземельными элементами, РЗЭ (La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho); возникновение (при комнатной температуре) различных ромбических фаз с моноклинной перовскитной подъячейкой при модифицировании BiFeO_3 ионами РЗЭ с радиусами, r , равными $(0.89\div 0.98)\text{\AA}$ (Nd, Sm, Eu, Gd, Tb), и сохранение свойственной BiFeO_3 ромбоэдрической структуры при введении ионов РЗЭ с большими (La, Pr) или с меньшими (Dy, Ho, Tm, Yb, Lu) радиусами; низко- и высокотемпературные диэлектрические релаксации, вторичная периодичность свойств. В BiFeO_3 и твердых растворах составов $\text{Bi}_{1-x}\text{Eu}_x\text{FeO}_3$ и $\text{Bi}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_3$ ($0.05\leq x\leq 0.20$) имеет место анизотропия магнитодиэлектрического эффекта, заключающаяся в резком уменьшении магнитодиэлектрического коэффициента при взаимно перпендикулярной ориентации электрического и магнитного полей, по сравнению с этим коэффициентом при их параллельной ориентации.

Исследования диэлектрических откликов исследуемых объектов показало, что стабилизация диэлектрических откликов керамики BiFeO_3 и подавление коррелирующих с рядом структурных неустойчивостей BiFeO_3 и балластных фаз аномалий, связанных, в частности, с максвелл-вагнеровской поляризацией и релаксацией, а также снижение его электропроводности в интервалах температур $100\leq T\leq 300$ и $500\leq T\leq 700$ °С при механоактивации и термическом воздействии методом «закалки» происходит за счёт